

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **Семенова Алексея Александровича**
по теме «**Прочность и устойчивость подкрепленных ортотропных оболочечных
конструкций в задачах статики и динамики**»,
представленной на соискание ученой степени **доктора технических наук**
по специальности **2.1.9 – Строительная механика**

Тема диссертации связана с **актуальной задачей** рационального проектирования больших покрытий строительных конструкций, а также конструкций в области авиастроения и судостроения. В результате расширения применения в указанных конструкциях современных композиционных материалов и в связи с ориентацией современных методов проектирования на решение оптимизационных задач возникает потребность в пересмотре традиционных подходов к расчету и анализу подкрепленных оболочечных конструкций. Требуется сочетание комплексности требований надежности (по прочности, устойчивости и колебаниям) с эффективностью расчетных моделей, имеющих, с одной стороны, высокую точность и достоверность определения параметров состояния проектируемой конструкции, а с другой – вычислительную экономичность. Тенденция к расширению применения так называемых «бессеточных» методов анализа в строительной механике наблюдается в последнее десятилетие наряду с определенной стабилизацией развития методов, основанных на пространственной дискретизации расчетной области. На новом этапе развития строительной механики, очевидно, будет наблюдаться дальнейшее сочетание и взаимопроникновение методик на основе точечных и непрерывных решений.

Быстрое получение рациональных и оптимальных проектных вариантов подкрепленных оболочек с учетом сложных условий нагружения и комплексных требований по эксплуатационной и предельной прочности даст существенные экономические выгоды при разработке новых сооружений, как с позиций материалоемкости и технологичности, так и с позиций сокращения этапа проектирования в их жизненном цикле.

Автором разработан взаимосвязанный комплекс методов и моделей для расчета статики, колебаний и устойчивости произвольных пологих оболочек двойной кривизны, включая оболочки переменной толщины, подкрепленные, с вырезами и ортотропные, с учетом и без учета поперечного сдвига; предложены эффективные алгоритмы исследования прочности и бифуркационной устойчивости монотонно нагружаемых оболочечных конструкций, повышения точности учета оребрения в дискретном подходе и в методе конструктивной анизотропии, повышения эффективности алгоритмов нелинейного анализа.

С помощью полученных методов и алгоритмов, на основе разработанных автором программных реализаций выполнены исследования прочности и устойчивости оболочечных конструкций, включая композитные; для ряда практически важных случаев получены критические нагрузки и характерные области неудовлетворения различных критериев прочности, обнаружены эффекты существенных неоднородностей в полях деформаций ортотропных конструкций, запаздывания реакции оболочек на динамическое нагружение, преимущества определенных конструктивных реализаций оребрения, возможности быстрого и эффективного управления прочностью и устойчивостью проектируемых конструкций. Используемые подходы универсальны для статических и динамических задач, получены на основе применения вариационных методов Ритца и Л.В. Канторовича и допускают развитие на базе иных методов.

Основные результаты исследования докладывались на научно-технических конференциях, в том числе международных, а также публиковались в научных изданиях, что позволяет считать их **обоснованными**. **Достоверность** разработанных методов и рекомендаций обеспечивается корректным применением положений линейной и

нелинейной теории упругости, теории оболочек, вариационных принципов и методов на их основе, сходимостью результатов, а также сопоставлением полученных результатов с экспериментальными данными и известными решениями.

Разработанные методы расчета и анализа оболочечных конструкций обладают **научной новизной**, заключающейся в использовании единого подхода к анализу широкого класса объектов, а также в получении ряда базовых результатов анализа статической и динамической прочности и устойчивости типовых форм подкрепленных оболочек с учетом новых факторов (анизотропии и нелинейности).

Применение разработанных в диссертации методов позволяет на стадии проектирования находить опасные режимы работы оболочечных конструкций, и путем изменения их параметров исключать их возникновение, в том числе за счет постановки ребер жесткости, что определяет **практическую значимость** исследования.

Положительными моментами диссертации, отраженными в автореферате, видятся следующие:

1) Традиционным подходом учета локальной потери устойчивости монотонно нагружаемых конструкций (например, изгибаемого судового корпуса) является применение методов редуцирования И.Г. Бубнова – местного занижения толщины с переносом основного сопротивления на более жесткие, не потерявшие устойчивость, части конструкции. Предлагаемые автором способы учета переменности толщин (вплоть до моделирования вырезов) хорошо согласуются с этой концепцией и могут дать перспективные результаты для разработки инженерных методик.

2) Использование автором при построении решений баз стандартизованных библиотек численных методов для сведенных к СНАУ или СОДУ задач.

3) Использование автором обезразмеривания практически для всех моделей.

По тексту автореферата имеются следующие **замечания**, связанные, как представляется, с излишней лаконичностью изложения:

1) В тексте автореферата, в разделе анализа разработанности вопроса о прочности и устойчивости подкрепленных тонкостенных оболочек не упоминаются фундаментальные работы С.П. Тимошенко, Р. Мизеса, П.Ф. Папковича, В.А. Постнова, посвященные устойчивости цилиндрических оболочек и гипотезам осредненного сдвига и инерции вращения в них;

2) В автореферате не обнаружен ответ на вопрос: если вести речь о предельных нагрузках с учетом текучести материала, то где и как в предлагаемых подходах, претендующих на универсальность, возможен учет пластичности?

3) Желательны обобщенные выражения в соответствии с текстом автореферата и заявляемыми в нем положениями: выражения для энергий (7)-(8) приведены только для прямоугольной в плане оболочки (желательно было бы приводить их в обобщенной СК), обезразмеривание (9) приведено только для конической оболочки и т.п.;

4) Далеко не всегда постоянное равномерное давление является проектной нагрузкой;

5) Автор отмечает разницу эффективности ребра с вогнутой стороны и с выпуклой стороны при сохранении нагружения только с выпуклой стороны, что вполне объяснимо и по балочной теории;

6) В автореферате отсутствует информация о верификации авторских расчетов, линейных и нелинейных, с помощью МКЭ. При этом, как представляется, в нелинейном подходе МКЭ даст одну из «реалистичных» равновесных кривых без двойных значений (в координатах «нагрузка-перемещение»), метод «длины дуги» в современных МКЭ-пакетах - реализован;

7) Автор не приводит в автореферате решений на базе Эйлера подхода, при этом работа с собственными значениями и формами – хорошая основа для оценки устойчивости; то же самое касается и динамических решений;

8) В динамических нестационарных расчетах имеет смысл указывать, медленные это или быстрые процессы, учитывать диссипацию – это также в реферате не отражено.

9) Необходимо, в связи со специальностью, отражать в автореферате примеры сведения реальных строительных конструкций к расчетным моделям диссертации.

В качестве замечаний, имеющих статус **пожеланий**, следует указать следующие:

1) При исследовании работы критериев прочности: а) следует вести не только качественный сравнительный анализ, но и сравнивать с экспериментами, нужна демонстрация реальных областей разрушений, б) следует увязывать «проходящие» по различным критериям оболочки с проектными параметрами;

2) Желательно в рамках предложенного подхода наметить пути рассмотрения не только пологих оболочек, но и существенно искривленных и замкнутых;

3) Желателен учет не только линейно растущей во времени однокомпонентной нагрузки («простого нагружения»), а и существенно нестационарной и разнокомпонентной;

4) Крайне желательно исследование оболочек с конструктивными и технологическими неправильностями и нерегулярными подкреплениями и ослаблениями.

Указанные замечания не ставят под сомнение основные результаты работы автора диссертации.

Выводы:

Диссертация Семенова Алексея Александровича представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится сформулированное научное направление расчетного анализа статической и динамической прочности и устойчивости ортотропных дискретно подкреплённых и ослабленных оболочек в рамках единого подхода на основе бессеточных уточнённых методов, имеющее значение для развития строительной отрасли в части проектирования оболочечных и купольных покрытий.

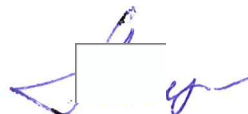
Диссертация соответствует критериям, установленным Положением «О порядке присуждения учёных степеней», (утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) со всеми изменениями и дополнениями, а её автор, Семенов Алексей Александрович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.1.9 – Строительная механика.

Отзыв составил Миронов Михаил Юрьевич, доцент кафедры строительной механики корабля СПбГМТУ, кандидат технических наук по специальности 05.08.02 – Строительная механика корабля.

190121, г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3, +7 (812) 495-26-48,
mironov31051973@mail.ru.

05.04.2024

Доцент кафедры
строительной механики корабля СПбГМТУ,
к.т.н.

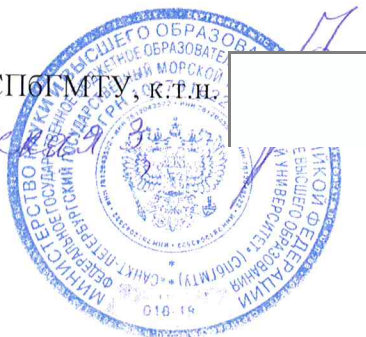


М.Ю. Миронов

Подпись Миронова М.Ю. заверяю

Ученый секретарь Ученого Совета СПбГМТУ, к.т.н.

т +7 911 210 7439
190121, СПб, ул. Лоцманская
СПбГМТУ



А.И. Фрумен